

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: 19920071151166

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

机床筋板结构布局设计与优化

Structural Layout Design and Optimization of Rib Plate
of Machine Tool

饶 柳 生

指导教师姓名: 侯 亮 教 授

专 业 名 称: 机 械 设 计 及 理 论

论文提交日期: 2010 年 5 月

论文答辩时间: 2010 年 6 月

学位授予日期: 2010 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2010 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

随着制造技术的发展,对现代机床的要求越来越高。目前我国机床设计水平不高,往往采用传统经验设计,设计时间长,结构性能不高,材料利用率低,不能满足市场需求。针对此问题,提出本文研究内容。

机床各大部件多为加筋结构,筋板对机床的性能有着至关重要的影响,因此在机床结构不变情况下优化筋板布局可以较大程度提高机床性能。本文在利用有限元软件分析机床结构动、静态特性基础上,对结构进行相关优化,优化结构中筋板布局,为筋板布局提供新的方法。本文主要研究内容和成果如下:

(1)在分析机床整体结构布局基础上,分析机床结构关键部件的动、静态特性,找出结构中薄弱部分,为进一步优化作准备。

(2)介绍了拓扑优化相关理论,分析了拓扑优化中常见的问题。分别以柔度最小化和一阶固有频率最大化为目标对机床立柱进行拓扑优化,改善机床结构中材料分布情况。分别以两种优化结果改进机床筋板布局,生成两种优化结构。这两种结构的动、静态性能中其中一种性能有很大程度提高,但是另一种性能提高较少甚至有所降低。单目标优化只能优化结构某一方面性能,对结构其他方面性能改善不大。

(3)阐明了多目标优化理论并介绍了常见多目标优化方法,利用优化软件中函数功能和传统多目标优化方法,将多目标问题处理为单目标问题,对机床结构进行多目标优化,根据优化结果优化筋板布局。通过在目标函数中设置不同权值和约束生成不同的方案,最后结合不同方案优化所生成的结果优化筋板布局,以达到同时提高机床动、静态性能的目的。

(4)介绍了尺寸优化理论和 ANSYS 参数化设计语言 APDL。以具有井字筋的某工作台为例,对筋板进行尺寸优化,得出不同优化方案,从中选择合理的优化方案。

根据以上分析,提出机床筋板布局新方法。首先对机床结构进行动、静态分析,找出其薄弱环节。再通过设置不同优化目标对机床结构进行拓扑优化,找出合理的材料分布情况,根据拓扑优化结果布置筋板。最后利用尺寸优化功能对筋板进行具体细节优化。

关键词: 机床; 筋板; 结构优化; 多目标

Abstract

With the development of manufacturing technology, the requirements on modern machine tools have become increasingly high. The current design level of machine tool in China is not high, it is often designed by the traditional experiences, with a long design time, poor structure performance and low material utilizing rate, which can not meet the market demand. Therefore the content of this thesis is proposed on the problems mentioned above.

Major parts of machine tool are the reinforced structure and the rib plate has a critical influence on the performance of machine tool, so optimizing the layout of rib plate under the unchangeable machine tool structure can largely improve the performance of machine tool. The thesis adopts finite element software analysis for dynamic performance and static performance, makes relevant optimizations to the structure and improves the rib plate layout, to provide a new way for rib plate layout. The research contents and results of the thesis are as follows:

(1) Based on the analysis of overall structure layout of machine tools, the thesis adopts finite element software analysis for dynamic performance and static performance of the key parts of machine tool, to find out the weak part of the structure and make preparation for further optimization.

(2) The thesis studies the relevant theory of topology optimization and analyzes common problems in topology optimization, and then it conducts the topology optimization for machine tool with respective purposes of compliance minimization and first natural frequency maximization to improve material layout of machine tool structure. With two optimization results to improve machine tool rib plate layout, two kinds of optimization structure are generated. About dynamic performance and static performance of both structures, one performance improves a lot, but another performance increases little or even decreases. Single-objective optimization can only optimize one aspect of the structure, while have little improvement in other areas of the structure.

(3) The thesis explains the multi-objective optimization theory and introduces the common multi-objective optimization methods, uses function method in software and traditional multi-objective optimization methods to make the multi-objective problem into the single-objective problem, makes multi-objective optimization to the machine tool structure, and optimizes the rib plate layout according to the optimization result.

It produces different programs by setting different weights and restraints in the objective function, and finally optimizes the rib plate layout combined with the results generated by optimizations of different programs, in order to achieve the purpose of improving the dynamic and static performances of the machine tool at the same time.

(4) The thesis introduces the size optimization theory and ANSYS Parametric Design Language (APDL). Taking a worktable with crosswise rib plate as an example, the thesis makes size optimization to the rib plate, gets different optimization programs, and chooses the reasonable optimization program among them.

Based on the above analysis, this thesis puts forward a new method of machine tool rib plate layout. First, it makes dynamic analysis and static analysis of machine tool structure to find out the weak links. Then, it conducts topology optimization for machine tool structure by setting different optimization objectives, to find a reasonable distribution of materials and layout rib plate according to the topology optimization results. Finally, it optimizes the specific details of rib plate through the size optimization function.

Key words: machine tool; rib plate; structural optimization; multi-objective

目 录

第一章 绪论	1
1.1. 结构优化和多目标优化概述	1
1.1.1 结构优化介绍	1
1.1.2 多目标优化	2
1.2. 本课题研究现状	2
1.3. 选题依据和课题来源	5
1.3.1 选题依据	5
1.3.2 课题来源	6
1.4. 本文主要内容	6
第二章 机床关键部件静动力学分析	8
2.1. 某型号落地镗铣床加工中心布结构特点	8
2.2. 加工中心大部件 3D 建模	9
2.3. 相关有限元软件 Hypermesh 和 ANSYS 的介绍	10
2.3.1 Hypermesh 介绍	10
2.3.2 ANSYS 简介	13
2.4. TXH69-41X41-60 落地镗铣加工中心有限元建模	14
2.4.1 几何模型建立和几何清理	14
2.4.2 网格划分及检查	15
2.4.3 材料及单位	16
2.4.4 受力计算及约束加载	16
2.5. 重要部件静、动态分析	17
2.5.1 机床静、动态性能介绍	17
2.5.2 立柱、方箱和中溜板装配体受力分析	17
2.5.3 模态分析	21
2.6. 本章小结	24
第三章 基于单目标拓扑优化的机床筋板布局优化	25
3.1. 拓扑优化介绍	25
3.1.1 拓扑优化简介	25
3.1.2 拓扑优化中常见问题	25
3.2. OptiStruct 优化软件介绍	27
3.2.1 Optistruct 所用优化理论简介	27
3.2.2 基于 SIMP 的变密度法数学模型	28
3.2.3 基于 SIMP 方法的结构拓扑优化模型	30
3.3. Optistruct 拓扑优化中制造工艺约束	32
3.4. 模型分析及 Optistruct 中优化问题定义	33
3.4.1 原模型分析	33
3.4.2 Optistruct 中优化问题定义及优化流程	34
3.5. 柔度最小化拓扑优化及结构改进分析	36
3.5.1 优化结果	36

3.5.2 改进后的结构受力和模态分析	37
3.6. 一阶固有频率最大化拓扑优化及结构改进分析	39
3.6.1 优化结果	39
3.6.2 改进后结构受力和模态分析	40
3.7. 本章小结	42
第四章 基于多目标拓扑优化的机床筋板布局优化	43
4.1. 多目标优化相关介绍	43
4.1.1 多目标优化理论简介	43
4.1.2 几种传统的多目标优化方法	45
4.1.3 非传统优化方法	47
4.2. 基于多目标的机床立柱多目标优化	47
4.2.1 利用传统优化方法对优化目标进行处理	47
4.2.2 几种不同优化方案	48
4.2.3 优化结果讨论	58
4.3. 机床立柱筋板改进和分析验证	59
4.3.1 机床立柱筋板改进	59
4.3.2 改进后结构受力分析与模态分析	59
4.4. 本章小结	60
第五章 基于尺寸优化的筋板布局	61
5.1. 筋板布局介绍	61
5.2. 不同类型的筋板对结构动态性能的影响	61
5.3. 某工作台井字筋板布局改进	63
5.3.1 原模型筋板布局及模态分析	63
5.3.2 传统方法改变改变筋板布局	65
5.4. 利用 ANSYS 对筋板进行尺寸优化	66
5.4.1 尺寸优化介绍	66
5.4.2 APDL 参数建模介绍	67
5.4.3 ANSYS 优化介绍	67
5.4.4 ANSYS 尺寸优化	69
5.5. 本章小节	74
第六章 结论与展望	75
6.1. 总结	75
6.2. 展望	75
参考文献	77
致 谢	80
攻读学位期间发表的论文目录	81

CONTENTS

Structural Layout Design and Optimization of Rib Plate	1
of Machine Tool	1
第一章 绪论	1
1.1. 结构优化和多目标优化概述	1
1.1.1 结构优化介绍	1
1.1.2 多目标优化	2
1.2. 本课题研究现状	2
1.3. 选题依据和课题来源	5
1.3.1 选题依据	5
1.3.2 课题来源	6
1.4. 本文主要内容	6
第二章 机床关键部件静动态分析	8
2.1. 某型号落地镗铣床加工中心布结构特点	8
2.2. 加工中心大部件 3D 建模	9
2.3. 相关有限元软件 Hypermesh 和 ANSYS 的介绍	10
2.3.1 Hypermesh 介绍	10
2.3.2 ANSYS 简介	13
2.4. TXH69-41X41-60 落地镗铣加工中心有限元建模	14
2.4.1 几何模型建立和几何清理	14
2.4.2 网格划分及检查	15
2.4.3 材料及单位	16
2.4.4 受力计算及约束加载	16
2.5. 重要部件静、动态分析	17
2.5.1 机床静、动态性能介绍	17
2.5.2 立柱、方箱和中溜板装配体受力分析	17
2.5.3 模态分析	21
2.6. 本章小结	24
第三章 基于单目标拓扑优化的机床筋板布局优化	25
3.1. 拓扑优化介绍	25
3.1.1 拓扑优化简介	25
3.1.2 拓扑优化中常见问题	25
3.2. OptiStruct 优化软件介绍	27
3.2.1 Optistruct 所用优化理论简介	27
3.2.2 基于 SIMP 的变密度法数学模型	28
3.2.3 基于 SIMP 方法的结构拓扑优化模型	30
3.3. Optistruct 拓扑优化中制造工艺约束	32
3.4. 模型分析及 Optistruct 中优化问题定义	33
3.4.1 原模型分析	33
3.4.2 Optistruct 中优化问题定义及优化流程	34
3.5. 柔度最小化拓扑优化及结构改进分析	36

3.5.1	优化结果.....	36
3.5.2	改进后的结构受力和模态分析.....	37
3.6.	一阶固有频率最大化拓扑优化及结构改进分析	39
3.6.1	优化结果.....	39
3.6.2	改进后结构受力和模态分析.....	40
3.7.	本章小结	42
第四章	基于多目标拓扑优化的机床筋板布局优化	43
4.1.	多目标优化相关介绍	43
4.1.1	多目标优化理论简介.....	43
4.1.2	几种传统的多目标优化方法.....	45
4.1.3	非传统优化方法.....	47
4.2.	基于多目标的机床立柱多目标优化	47
4.2.1	利用传统优化方法对优化目标进行处理.....	47
4.2.2	几种不同优化方案.....	48
4.2.3	优化结果讨论.....	58
4.3.	机床立柱筋板改进和分析验证	59
4.3.1	机床立柱筋板改进.....	59
4.3.2	改进后结构受力分析与模态分析.....	59
4.4.	本章小结	60
第五章	基于尺寸优化的筋板布局优化.....	61
5.1.	筋板布局介绍	61
5.2.	不同类型的筋板对结构动态性能的影响	61
5.3.	某工作台井字筋板布局改进	63
5.3.1	原模型筋板布局及模态分析.....	63
5.3.2	传统方法改变改变筋板布局.....	65
5.4.	利用 ANSYS 对筋板进行尺寸优化	66
5.4.1	尺寸优化介绍.....	66
5.4.2	APDL 参数建模介绍	67
5.4.3	ANSYS 优化介绍	67
5.4.4	ANSYS 尺寸优化	69
5.5.	本章小节	74
第六章	结论与展望	75
6.1.	总结	75
6.2.	展望	75
	[参考文献]	77
	致 谢	80
	攻读学位期间发表的论文目录	81

第一章 绪论

机床是现代制造业的关键设备，一个国家机床的产量和技术水平在某种程度上就代表这个国家的制造业水平和竞争力。但是，我国机床的技术水平、性能和质量与国外还有很大差距，技术含量较低的简易车床仍占主导地位，高档机床及功能部件大多数依靠进口。提高设计、制造过程中的手段和方法、发展高水平的制造业，是发展我国工业、提高国家综合实力、增加国际竞争能力的必由之路。

很长一段时间以来，人们一直沿用经验类比方法改进机床结构，传统设计方法通常在调查分析的基础上，参照同类产品通过估算、经验类比或试验来确实初始设计方案。然后，根据初始设计方案的设计参数进行强度、刚度、稳定性等性能分析计算，检查各性能是否满足设计指标要求。传统的设计方法只能被动的重复分析产品的性能，而不能主动的设计产品的参数。并且耗费大量时间和金钱。

利用有限元分析方法和优化设计方法，不仅能在产品设计阶段就能对机床部件静、动态特性作出符合实际的预测并提出改进意见，还可以在短时间内提出多种比较方案，进而提高产品一次设计成功率、缩短产品开发周期，提高机床产品的设计水平。本文尝试利用有限元软件 ANSYS 和 Hyperworks 对机床进行结构分析和相关优化，优化筋板的布局，提高机床的静、动态特性。

1.1. 结构优化和多目标优化概述

1.1.1 结构优化介绍

优化设计是一种寻找最优设计方案的方法。所谓最优设计，指的是一种方案可以满足所有的设计要求，而且所需的支出（如重量、体积、应力及费用等）最小，最优化设计方案即最有效率的方案。优化设计是最优化数学方法与现代计算机技术相结合的产物，它能够使某项设计在规定的各种限制条件下优选设计参数，从而使其设计指标获得最优值。对任何一个工程设计来说，设计人员总是希望找到一个最优化的设计方案，使得设计的工程产品具有最好的使用性能和最低的材料消耗与制造成本，以获得最佳的经济效益。最优化设计方法提供了一条可能高效率的求得最优的设计方案的途径，已经得到了越来越广泛的应用。

结构优化设计是一门综合性、实用性很强的理论和技术。结构优化可以定义为“在预定目标和一组给定几何和（或）行为约束的范围内，寻求满足条件的最优解”^[1]。它是集计算力学、数学规划方法、计算机科学以及其它工程学科于

一体的结构优化设计，是现代结构设计领域的重要研究方向。

1.1.2 多目标优化

一般的研究中，单目标优化问题比较常见，类似的文献主要有，郝秀春^[2]等对微夹钳的拓扑优化设计，汪列隆^[3]等构造了基于相对密度法的连续体结构动力学拓扑优化设计数学模型，对机床立柱进行动力学拓扑优化，提高机床动态特性。

但是无论是在自然学科领域还是在社会学科领域，以最小的成本获取最大的效益，始终是人类追求的目标。最小化成本的同时最大化效益，将一对矛盾的两个方面同时考虑，构成了一个典型的多目标优化问题。但是多个目标之间往往互相冲突。因此，在多目标优化问题中，寻求单一最优解是不现实的，一般选一组可选的折中解集，再由决策过程在可选解集中作出最终的选择。如范文杰^[4]等提出汽车车架结构多目标拓扑优化方法研究，以静态多工况下刚度和动态振动频率为目标函数的车架拓扑结构，提出了一种结构的多目标拓扑优化研究方法。T.-Y. Chen, S.-C. Wu^[5]等以折衷规划法处理多目标问题，将多目标问题转化为单目标问题。杨德庆^[6]研究多工况应力约束下连续体结构拓扑优化映射变换解法，针对多工况连续体结构拓扑优化常见模型中存在的目标函数非连续性，基于独立连续拓扑变量概念及映射变换方法，建立了多工况应力约束下连续体结构拓扑优化新的连续模型。

由于机床具有高维度、多变量、系统耦合等特点，结构比较复杂。机床各性能之间并不是简单递增或递减关系。机床的优化通常要考虑多种特性，如静刚度最大，动刚度最大。因此在进行机床优结构化时，要考虑多工况和多目标优化问题。

1.2. 本课题研究现状

结构优化进是一门发展中的学科，在各个方面都有广泛应用。近年来结构优化方法常用于筋板布局优化。加筋板结构具有重量轻、承载高、抗弯能力强等特点，广泛用于各个行业。各个领域对筋板布局有很多经验，传统方法往往根据经验来对结构进行筋板布局。但传统的布局方法并不能达到最优的结果，为了充分挖掘材料的的潜能，降低成本，提高结构的各项性能，各种结构优化方法被用于筋板布局中，也取得了明显的效果。

筋板的优化一般分为两个部分，一个部分为筋板布局类型的选择，另一部分为筋板各个参数的优化。

杨鼎宁^[7]在对板筋结构进行分类的基础上，提出了大型板筋结构尺寸、形状优化的系统方法。章胜冬^[8]等利用渐进优化方法优化薄板结构加筋布局。赵岭^[9]提出高速机床工作台筋板的结构仿生设计。胡如夫^[10]等利用灵敏度分析方法，分析部件筋板布局形式和筋板参数对动态性能的影响，利用模态频率修正技术，提高固有频率。张卫红^[11]等采用拓扑优化方法研究了薄壁结构的加筋布局优化问题。

A. Kallassy^[12]和J. Falemi^[13]等以加筋位置为变量、刚度为目标研究了平板结构的加筋布局。S. M. B. Afonso^[14]等提出了板壳结构的系统优化策略，对壳结构进行拓扑优化获得加筋的布局并在此基础上对加筋进行了尺寸和形状优化。M. Zhou等^[15]研究了考虑拔模制造约束的拓扑优化设计，并指出了该方法对研究加筋布局设计的重要性。Y. C. Lam^[16]等采用变厚度法系统地研究了板结构的加筋布局问题。J. Luo^[17]等提出了一种考虑加筋位置与方向问题的加筋设计方法，并用于静载和特征值问题。

目前筋板布局研究的主要方向为利用各种数值算法结合拓扑优化、形状优化和尺寸优化来优化结构的筋板布局情况。

现在最优化方法一般分为三种：数学规划优化法、准则优化法和启发式算法。优化准则法，根据物理条件及工程要求来建立一系列约束条件下（应力、位移、频率等）结构需满足的最佳准则，从可行的设计中找出最佳方案的方法，以充分发挥材料的强度、刚度和稳定性的潜力，实现等强度、等应变能的最佳传力路径。数学规划方法，采用一定的数值分析方法搜索最速下降方向和最优极值点。启发式算法，通过模拟自然界中生物、物理过程和人类行为过程而发展的元启发式算法（如遗传算法、禁忌搜索、人工神经网络、免疫算法、模拟退火、粒子群优化算法、蚁群优化算法等）。

结构优化可分为三个层次，即尺寸优化、形状优化和拓扑优化。早期的结构优化主要是针对尺寸优化问题，设计域形状是固定的。后来随着结构边界优化的提出，形状优化就应运而生。之后，为了更有效地利用材料，弥补形状优化固定拓扑的局限性，拓扑优化问题就被提了出来。结构优化分为尺寸优化、形状优化

和拓扑优化三个层次，分别对应于三个不同的产品设计阶段，即概念设计、基本设计及详细设计三个阶段，体现了产品优化中三个不同层次的问题。三个优化介绍如下：

（1）尺寸优化

尺寸优化在结构优化设计的研究中尺寸优化属于最低的层次，它是在在保持结构的形状和拓扑结构不变的情况下，通过优化截面面积、横截面形状尺寸、选择板的最佳厚度等，以使结构最轻或最经济。尺寸优化的一个重要特征是设计区域以及设计变量在优化设计之前就已知，并且在整个优化设计过程中保持不变。尺寸优化研究重点主要集中在优化算法和灵敏度分析上。由于它的优化设计难度最小并且经过较长时间的研究，目前尺寸优化设计的理论已经趋于成熟，应用也很广泛。

尺寸优化是对已成型的结构进行的细节的设计。机床设计中，尺寸优化常用于筋板的优化。汪列隆^[18]等对机床大件筋板进行优化，利用 APDL 语言对主轴筋板参数建模，优化筋板的间距、厚度、高度。郭春星^[19]等在保证磨床刚度情况下，对磨床床身筋板进行尺寸优化，达到降低床身质量的目标。刘茜等利用 ADPL 语言对液压横梁进行参数化，然后优化横梁的尺寸。

（2）形状优化

形状优化是在设计域内拓扑关系不变的情况下，优化设计域的形状和边界，以寻求最优的理想边界和几何形状，改善结构的通过特性。在形状优化过程中，既可改变结构单元的尺寸，又可改变结构的形状。形状优化方法一般采用边界移动法，如通过改变网格结点坐标来改变结构形状，或通过改变用于拟合边界的若干种具有简单几何形状的曲线来改变结构的几何形状。

（3）拓扑优化

拓扑是对一般不受形状或大小变化影响的几何图形或固体物体特点的研究。拓扑优化是根据一定的设计准则，在满足应力、刚度、位移、频率等约束条件下，通过材料的布置（在结构上开孔、去除不必要的构件和材料），将载荷传递到结构支撑位置，使结构在规定的性能指标上达到最优。

拓扑优化一般用于概念化设计，通过拓扑优化找出材料的布局情况，为进一步细节优化作准备。王健^[20]研等究了有形状和应力约束下的框架结构拓扑优化问

题；汤文成^[21]对机床大件结构进行了结构拓扑优化等。

1.3. 选题依据和课题来源

1.3.1 选题依据

在当今激烈的市场竞争环境中，各企业都在致力于提高产品性能、质量和寿命，缩短产品投放市场的空间，降低成本。而现在产品的复杂性迫使人们寻找和应用高速、高效和智能化的工程分析手段，以提高产品在国际市场的竞争力。根据相关资料，产品大约 70% 的成本是由产品的设计阶段决定的，因此新产品的开发对产品在中成败有着至关重要的作用。机床是制造业中最重要的生产设备，根据美国的统计数据，机床对制造业产值的影响是机床本身产值 153 倍^[22]。开发高技术水平机床是促进制造业发展的重要途径。现代加工技术日向着高速、大切削量方向发展，要求机床具有高速、高刚度、高精度的优良性能。要提高机床的性能，必须以科学的方法进行结构设计创新。

机床是一个复杂的机械结构，受力情况也非常复杂。一般机床大部件为加筋结构，筋板的布局直接影响到机床的性能，机床大部件外结构不变情况下，一般通过优化筋板布局来改善机床相关性能。机床静刚度与动刚度是机床的重要性能指标。优化设计是在各种约束条件下，确定方案评价标准，将实际设计问题转为最优化问题，从满足各种约束要求的可行方案中，找出最优设计方案。机床的优化设计是在机床的设计阶段，对结构进行静、动力学分析改进机床结构以及利用各种优化理论对机床结构进行优化，改变结构的拓扑结构、形状和尺寸等，使结构具有良好的动态特性和稳定性，以达到提高机床精度和刚度的目的。

综合现有的结构优化设计研究方法，有限元方法是计算机床结构件各项动静指标和结构优化设计的重要方法。该方法在工程设计和分析中得到了越来越广泛的重视，已经成为解决复杂的工程分析计算问题的有效途径。在机床的设计中，利用有限元方法对其组成部件进行严密的分析和计算，得出满足工程精度的近似结果来替代对实际结构的分析，这样可以解决很多实际工程需要解决而理论分析又无法解决的复杂问题。

通过先进的 CAE 技术快速有效地分析产品的各种特性、揭示结构各类参数变化对产品性能的影响，进行设计方案的修改和调整，是产品达到性能和质量上的最优，原材料消耗最低。同时，运用 CAE 技术可减少或取消传统设计中需要

多轮次制造样机及昂贵的试验费用。

1.3.2 课题来源

本课题来源于福建省三明机床有限责任公司与厦门大学机电工程系共同承担项目。针对该企业某型号落地镗铣加工中心结构缺点，对其进行受力和模态分析，并进行相关改进。

1.4. 本文主要内容

本文主要内容为利用有限元软件 ANSYS 和 Hyperworks 对机床结构进行分析和优化，改进机床结构筋板布局，提高机床性能。论文分为六章，各章内容和层次图如下：

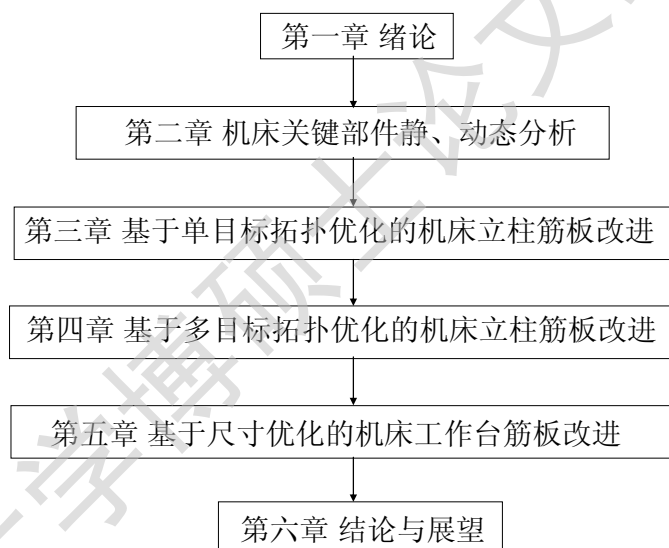


图 1.1 全文体系结构

第一章：介绍了本课题的研究意义和背景。首先描述了结构优化相关理论，并介绍了课题的背景和国内外研究现状。接着介绍本课题背景和意义和尺寸优化、形状优化和拓扑优化在机床结构优化中的现状。

第二章：分析了机床大部件的静、动态性能。利用有限元软件对结构进行分析，并根据结果得出机床的找出机床的薄弱环节，为下一步分析作准备。

第三章：在单目标情况下优化机床立柱筋板。首先介绍了拓扑优化的理论及拓扑常见问题及和变密度优化理论。然后介绍了有限元软件 Hyperworks 中

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库